

E c o n o m e t r i c  
Theory and Applications

# 计量经济学 理论与应用

马薇◎著



清华大学出版社

E c o n o m e t r i c  
Theory and Applications

# 计量经济学 理论与应用

马薇◎著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

计量经济模型是利用数据连接现实与未来的桥梁。此书基于模型的视角,对经典计量经济模型、系统计量经济模型、时间序列模型、向量自回归模型、非参数计量经济模型以及空间计量经济模型等模型的建模方法做了重点研究。书中系统地介绍了每类模型的设定、估计以及检验方法。在此基础上,此书也研究了非平稳过程的建模问题,探讨了动态建模方法。为了使本书的内容理论与应用并重,给出了模型的计算机求解方法,并在第 11 章中重点研究了计量经济模型的应用问题,使得本书更加具有实用性。

为了降低难度,在第 2 章详细讲解了书中用到的数学知识。数学知识都是以计量经济学为背景进行讲解的,使读到此书的读者会非常容易完成学习的进程。将复杂的内容变得简单易懂,是本书的重要特色之一。

本书研究的模型跨越了计量经济学发展的不同阶段。因此,可作为博士研究生、硕士研究生以及本科生的教学与参考书,也可以作为专业学者的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。  
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

计量经济学:理论与应用/马薇著. —北京:清华大学出版社,2017  
ISBN 978-7-302-47407-4

I. ①计… II. ①马… III. ①计量经济学 IV. ①F224.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 124528 号

责任编辑:苏明芳  
封面设计:刘超  
版式设计:楠竹文化  
责任校对:赵丽杰  
责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.25 字 数:537千字

版 次:2017年7月第1版 印 次:2017年7月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:49.00元

产品编号:058500-01

# 序

## *Preface*

几年来一直想写一本跨越计量经济学发展不同时期的书。动笔的时候,发现要写的内容实在是太多了。最后决定选择以计量经济学中最有代表性的模型为主线进行写作。书最重要的责任是要给读书的人带来帮助,将复杂的东西变得容易,使读书的人豁然开朗是书的天职。

本书重点研究了经典计量经济模型、系统模型、时间序列模型、向量自回归模型、空间计量经济模型、非参数模型与半参数模型以及协同积分与误差修正模型,同时也对非参数模型的应用进行了研究,是一本非常有价值的书。

书中每一章都重点研究了一个模型。对每个模型产生的背景、模型设定、模型估计、模型检验以及模型的应用进行了深入的探讨。本书可以作为博士研究生、硕士研究生以及本科生的参考书,也可作为经济研究工作者的参考书。

在写作过程中我的学生们给了我许多具体的帮助。我的2014年毕业的硕士研究生李楠、李海利、李莹莹、周东英、徐诚、乔龙飞、司家兴、高培安等同学在搜集数据整理资料方面做了大量的工作。部分章节的案例由他们提供,我做了必要的修改。我的已经毕业的博士研究生卢英博士、张卓群博士以及在读博士研究生葛通都做了大量的工作。第9章由我、张卓群、葛通共同完成。第11章的案例由卢英、张卓群、任亚宁、徐玉娟提供。在读硕士吴丹、林柯参加了第8章的部分写作。全书由我独立定稿完成。

本书的写作历程跨越了五年时间。多亏本书的两任编辑王文珠老师与苏明芳老师的鼓励与帮助使得这本书得以完成。特别感谢你们对我的宽容

与忍耐。

我也以此书纪念我的导师周逸江教授。虽然周逸江先生离开了,但是他对我的教诲终生难忘。每当我遇到困难的时候都会想起他。我也要感谢我的计量经济学启蒙老师——清华大学的李子奈教授,同时也非常感谢我的博士后合作导师——南开大学的张晓峒教授。在我的学习与研究过程中他们给了我许多帮助与支持。

最后,希望本书给读到它的人们带来帮助。也感谢读此书的人与我一起分享学习带来的快乐。

马薇

2016年12月31日

目

录

Contents **第 1 章****绪论 001**

- 1.1 计量经济学研究问题的方法 001
- 1.2 计量经济模型的建模过程 002

**第 2 章****计量经济学中的统计与数学工具 009**

- 2.1 计量经济学中的数学分析 009
  - 2.1.1 多元函数的极值 009
  - 2.1.2 差分算子与滞后算子 011
- 2.2 计量经济学中的线性代数与矩阵论基础 012
  - 2.2.1 矩阵概念与矩阵的向量化 012
  - 2.2.2 矩阵的运算 014
  - 2.2.3 计量经济模型中常用的特殊矩阵 021
  - 2.2.4 矩阵与向量组的其他知识 023
  - 2.2.5 线性方程组解的理论 026
- 2.3 计量经济学中的概率论与数理统计的相关知识 028
  - 2.3.1 随机变量的数字特征 028
  - 2.3.2 重要随机变量的分布 030
  - 2.3.3 条件分布与条件期望 033
  - 2.3.4 参数估计 034
  - 2.3.5 假设检验 037
  - 2.3.6 大数定律与中心极限定理 039
- 2.4 随机过程简介 042

- 2.4.1 随机过程的基本概念 042
- 2.4.2 计量经济学中常用的随机过程 043

## 第 3 章 一元线性回归模型 052

- 3.1 计量经济模型中变量的分类 052
  - 3.1.1 内生变量与外生变量 052
  - 3.1.2 滞后变量与虚拟变量 053
- 3.2 一元线性回归模型的一般概念 054
  - 3.2.1 回归分析的基本概念 054
  - 3.2.2 一元线性回归模型的基本假设 057
  - 3.2.3 一元线性回归模型的参数估计 061
  - 3.2.4 一元线性回归模型的统计检验 065
  - 3.2.5 一元线性回归模型的应用 069
  - 3.2.6 一元线性回归模型的案例 072

## 第 4 章 多元线性回归模型 076

- 4.1 多元线性回归模型的一般概念 076
- 4.2 多元线性回归模型的参数估计 079
  - 4.2.1 多元模型的普通最小二乘估计 079
  - 4.2.2 多元线性模型参数的最大似然估计 082
  - 4.2.3 多元线性模型参数的矩估计 084
- 4.3 多元线性回归模型的检验 085
  - 4.3.1 多元模型的经济学检验 085
  - 4.3.2 多元模型对样本数据拟合优度检验的设计研究 086
  - 4.3.3 模型设定的显著性检验 088
  - 4.3.4 回归参数的显著性检验 089
- 4.4 可变换成多元线性回归模型的模型 090
  - 4.4.1 对数模型 091
  - 4.4.2 指数模型 093
  - 4.4.3 其他可化为线性的模型 093
- 4.5 有约束条件的线性回归模型 094
  - 4.5.1 对参数约束的回归模型 094
  - 4.5.2 对回归模型解释变量个数增减的约束 098
  - 4.5.3 参数稳定性检验 098
  - 4.5.4 约束问题的其他检验方法简介 100

- 4.6 对线性模型的思考 102
- 4.7 利用 R 语言进行计量分析 102
  - 4.7.1 利用 R 语言生成白噪声 103
  - 4.7.2 利用 R 语言构造泊松过程 104
  - 4.7.3 利用 R 语言构造一个简单线性回归 104
  - 4.7.4 利用 R 语言构造异方差与序列相关数列 107

## 第 5 章 经典参数模型的检验与修正方法研究 110

- 5.1 异方差性的检验与修正方法 111
  - 5.1.1 异方差概述 111
  - 5.1.2 异方差性的检验 113
  - 5.1.3 模型中异方差问题的修正方法研究 118
- 5.2 计量经济模型序列相关性的研究 121
  - 5.2.1 序列相关性的一般概念以及对模型的影响 121
  - 5.2.2 存在序列相关问题时对模型的影响 123
  - 5.2.3 序列相关性的检验 124
  - 5.2.4 序列相关问题的修正 128
- 5.3 计量模型多重共线性的研究 132
  - 5.3.1 多重共线性的数学定义 132
  - 5.3.2 多重共线性对计量经济模型的影响 133
  - 5.3.3 多重共线性的检验 133
  - 5.3.4 多重共线性问题的解决方法 137

## 第 6 章 系统计量经济模型 139

- 6.1 系统计量经济模型的一般概念 139
  - 6.1.1 系统计量经济模型的例子 139
  - 6.1.2 系统计量经济模型中变量与单方程的分类 140
  - 6.1.3 系统计量经济模型分类 142
  - 6.1.4 系统计量经济模型的识别 146
- 6.2 系统模型的估计 149
  - 6.2.1 间接最小二乘法 149
  - 6.2.2 系统计量经济模型的工具变量估计法 151
  - 6.2.3 系统计量经济模型的两阶段最小二乘估计方法 153
  - 6.2.4 利用软件 EViews 估计系统计量经济模型 153
- 6.3 系统计量经济模型建模的基本过程 156



**第 7 章 时间序列模型 159**

- 7.1 时间序列模型的一般概念与研究工具 160
  - 7.1.1 时间序列过程的因果性 160
  - 7.1.2 时间序列过程的自相关函数与偏自相关函数 160
  - 7.1.3 时间序列过程的总体谱 161
  - 7.1.4 滞后算子的性质 162
- 7.2 自回归模型 163
  - 7.2.1 自回归模型的一般概念 163
  - 7.2.2 AR(1)过程的性质 164
  - 7.2.3 一般自回归模型 AR( $p$ )的性质 166
- 7.3 移动平均过程 166
- 7.4 自回归移动平均过程 169
- 7.5 非平稳时间序列的建模 170
- 7.6 单位根检验 174
  - 7.6.1 随机扰动项无序列相关性的单位根检验——DF 检验 174
  - 7.6.2 随机扰动项存在序列相关性的单位根检验 179
  - 7.6.3 方差比检验 182
- 7.7 向量自回归模型 VAR 183
  - 7.7.1 VAR 模型的一般概念 183
  - 7.7.2 向量过程的平稳性 185
  - 7.7.3 VAR( $p$ )模型衍生模型的推导 188
  - 7.7.4 VAR( $p$ )模型的估计 192
  - 7.7.5 VAR( $p$ )模型中滞后期  $p$  的选取方法 194
- 7.8 向量自回归模型的应用 195
  - 7.8.1 VAR 模型与格兰杰因果关系检验 195
  - 7.8.2 利用 VAR 模型进行脉冲分析 197
- 7.9 其他时间序列模型简介 200
  - 7.9.1 自回归条件异方差模型 200
  - 7.9.2 长记忆时间序列模型 206

**第 8 章 空间计量经济模型 214**

- 8.1 面板数据模型 214
  - 8.1.1 面板数据模型的一般概念 214
  - 8.1.2 面板数据模型的设定 217
  - 8.1.3 面板数据模型的选择检验 220
  - 8.1.4 面板数据模型的估计方法简介 224

- 8.2 空间计量经济模型 227
  - 8.2.1 空间计量模型的设定 228
  - 8.2.2 空间权重矩阵 229
  - 8.2.3 空间计量模型的设定与分类 231
- 8.3 空间计量模型的估计方法与检验方法简介 235
  - 8.3.1 空间计量模型的极大似然估计 235
  - 8.3.2 空间计量模型的检验方法 236
- 8.4 空间计量经济模型的实证研究 237
  - 8.4.1 实例背景 237
  - 8.4.2 数据来源与处理 238
  - 8.4.3 空间效应分析 238
  - 8.4.4 截面数据空间模型建立 239
  - 8.4.5 面板数据空间计量模型的实证研究 241
  - 8.4.6 空间模型的建立及回归 243

## 第 9 章

## 非参数与半参数计量经济模型 247

- 9.1 非参数计量经济模型的一般概念 247
  - 9.1.1 建立非参数模型的数据分析 248
  - 9.1.2 非参数方法中经验分布函数的构建 248
  - 9.1.3 非参数方法中的核密度函数估计方法 250
- 9.2 核函数的构造与性质 252
- 9.3 非参数核密度估计方法 262
  - 9.3.1 一元核密度的估计方法 262
  - 9.3.2 多元核密度的估计方法 269
- 9.4 非参数计量经济模型 270
  - 9.4.1 非参数计量经济模型的一般形式 270
  - 9.4.2 非参数计量经济模型的估计 273
- 9.5 半参数计量经济模型简介 276
  - 9.5.1 半参数模型的一般概念 276
  - 9.5.2 半参数计量经济模型的估计 277
- 9.6 利用 R 语言进行非参数估计 279
  - 9.6.1 利用 R 语言对总体分布的估计 279
  - 9.6.2 使用 R 语言选取窗宽 283
  - 9.6.3 利用 R 语言估计多维随机变量联合分布 283
  - 9.6.4 用 R 语言估计非参数计量经济模型 287
  - 9.6.5 R 语言在非参数计量经济模型中的其他应用 289

- 9.6.6 半参数模型的实现 293
- 9.6.7 半参数单指数模型的回归示例 298

## 第 10 章 协同积分与误差修正模型 304

- 10.1 动态计量经济模型的建模方法 304
  - 10.1.1 动态计量经济模型的一般概念 305
  - 10.1.2 误差修正模型(ECM)的推导 305
  - 10.1.3 动态建模的基本过程 309
- 10.2 非平稳经济过程的协同积分研究 313
  - 10.2.1 对非平稳过程的思考与变量的弱外生性 313
  - 10.2.2 协同积分的定义与性质 314
  - 10.2.3 过程非平稳时误差修正模型的建模条件 321
- 10.3 向量自回归模型与协同积分的关系 324

## 第 11 章 计量经济模型的应用研究 326

- 11.1 非参数模型的应用——金融风险测度的非参数方法 326
  - 11.1.1 金融风险测度中的连接函数 327
  - 11.1.2 深港股市风险相关性测度实证分析 333
- 11.2 STAR-Copula 模型的应用 340
  - 11.2.1 运用 STAR 模型构造边缘分布 341
  - 11.2.2 实证分析 342

## 参考文献 348

附录 A 正态曲线下的面积 350

附录 B  $t$ -分布的临界点 351

附录 C  $\chi^2$  分布的临界点 352

附录 D  $F$  分布 353

附录 E DW 检验上下界 355

附录 F 冯诺曼比临界值 357

附录 G  $(P-1)/\sigma_P$  经验累积分布表 359

附录 H  $T(P-1)$  经验累积分布表 360

附录 I 协整检验界值表 361

计量经济学是连接理论经济学与应用经济学的桥梁。这座桥梁的基础是经济数据。计量经济学是以经济数据为基础来研究经济现在与未来的一门综合性学科,仍然属于社会科学。计量经济学英文为 Econometrics,从英文的结构就可以知道,它是由其他学科演变而来的。生物计量学的英文为 Biometrics,可见从计量经济学创建之初就有自然科学的特点。因此,计量经济学是用自然科学的方法来研究社会科学的一个经济学分支。用数学方法研究经济学有几个需要注意的问题。首先计量经济学不是数学,数学在其中只是一个重要的工具。计量经济学也不是经济统计学,它们之间有很大的区别。经过多年的历练,表明经济理论、统计学与数学对于经济形势与经济结构的研究都是非常必要的。它们的融合与沟通再加上计算机技术就形成了当代计量经济学的基础。而经济的变革是计量经济模型方法论发展的原动力。

## 1.1 计量经济学研究问题的方法

经济是时间的长河,一路走来遇到过许多艰难险阻,存在着许多风险与不确定性。人们一直想探索它走过的路,希望后面的路走得从容而稳健。经济的每次变革都带来了社会的进步与发展,而伴随其中的计量经济学为了适合经济的发展进程,在不断地完善着自己的理论与方法。用数学、统计学的思想与方法来研究经济学是计量经济学创建的初衷。数学的思想就是努力去发现事物变化的原因,而统计学的思想是如何寻找数据的规律。将经济学的理论用数学与统计学的方法完美地表现出来,再利用日新月异的计算机技术加以实现,是计量经济学最重要的方法论。

计量经济学是应用经济学的一个分支,它是以经济理论与经济统计数据为依据,运用

数学、统计学方法与计算机技术,通过建立随机模型来研究经济结构与经济未来发展趋势的学科。简单地解释为:计量经济学是利用随机计量经济模型来研究经济问题的。

挪威经济学家 R. Frish 将计量经济学定义为经济理论、统计学和数学三者相结合的学科。计量经济学是以数据为基础的,是一门自然科学与社会科学相综合的学科。图 1.1 很好地表现了计量经济学的构成与内涵。如何利用数据是计量经济学的核心所在,没有数据,计量经济学就失去了它存在的价值。

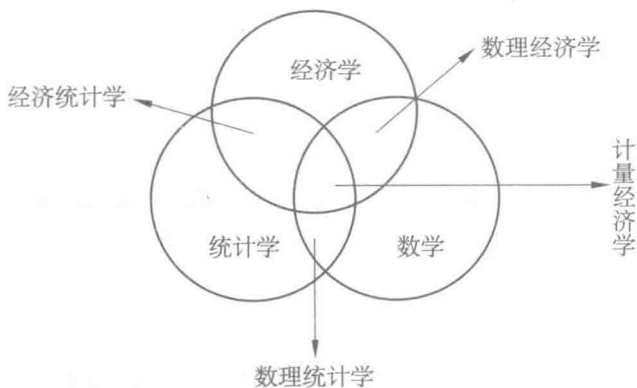


图 1.1 计量经济学构成

计量经济学的方法论本质上就是如何利用数据建立随机数学模型,使得所建的模型最大限度上体现数据变化的规律,进而在一定程度上通过模型来观察经济结构与趋势,给经济政策的制定与变革提供一定的依据。为了让计量经济模型更加可靠,更充分体现经济数据的真实生成过程,计量经济学从创建至今,一直处于不断完善的状态。大数据时代的到来,给计量经济学方法论的发展带来了新的契机。

计量经济学起源于 20 世纪初。到了 20 世纪八九十年代,随着计算机技术的发展,许多难以实现的计量经济模型得以实现。数学模型是理想,理想与现实之间是有距离的,而计算机缩短了两者之间的距离,这在一定程度上促进了计量经济学方法论的完善与应用领域的拓宽。

## 1.2 计量经济模型的建模过程

计量经济学是方法论,是以问题为导向的。经济结构的改变,给计量经济学提出了许多新的研究课题,这使得计量经济学成为一门特别有活力的学科,新的方法、新的思想在不断地涌现。在研究这些新问题的过程中,不断地去发现计量经济模型中存在的问题,进而也使计量经济学方法论不断地得到完善。

研究计量经济学的目的是探讨经济变量间数量上的联系及其变动的规律性。因此,无论建立什么样的模型都需要经历以下几个必要的过程。

### 1. 抽象变量

根据当前的经济形势,提出要研究的经济问题。这个问题要可行,要有研究的意义。这需要坚实的经济学基础与敏感的洞察力。接下来的问题就是将所研究的问题抽象成变量。在抽象变量的过程中,有许多问题需要解决,一个是内生变量与外生变量的属性问题,这个问题既需要经济学理论的支撑,也需要数据的支持;另一个关键问题是变量间是否存在因果关系。抽象变量是建模中最重要的工作之一,后面的一切工作都是围绕着它们展开的。

### 2. 给变量赋予数据

抽象变量只是给所研究的问题起了一个合适的数学名字,但它们是空洞的,没有活力。只有找到变量对应的数据,这个变量才会生动、具有活力。如果找不到变量所对应的数据,所研究的经济问题就不能采用计量经济学的方法来研究。计量经济模型是用数据来说话的,没有了数据计量经济模型就失去了它存在的意义。

### 3. 设定模型

变量与数据为模型的设定做了必要的准备。设定一个体现数据生成过程的模型是非常困难的。首先要对数据进行整理与观察,以初步窥视到一些原始而直观的信息。为所研究的经济问题设定一个恰当的模型需要三个必要条件。

- (1) 所设定的模型适合所研究问题的经济学意义。
- (2) 模型的参数具有合理的经济学解释。
- (3) 数据的结构支持该模型的设定,并且模型的假设是恰当的。

数学模型不是华丽的外衣,千万不要在众多的数学模型中迷失了自己。最能体现问题本质且最简单的模型是首选。模型设定是计量经济学方法论中重要的组成部分,最初的设定决定了最终的结果。理论模型设定后,接下来的工作就是将理论模型转化成数据模型,然后将数据模型简化,这是模型设定中最具挑战性的工作。简化模型需要智慧与技巧。如果模型得不到合理的简化,会给后面的工作带来困难以至于研究失败。模型的转化方法在本书的各章中都有所体现。

模型的设定方法与计量经济学的发展密切相关,可以简单分为两大类,一类是经典计量经济学模型的设定方法,另一类是当代计量经济模型的设定方法。经典计量经济模型的设定是从假设开始的,属于从一般到特殊的模型设定方法,经典计量经济模型的设定方法在数据非平稳时可能会出现伪回归问题而导致模型的错误设定;当代计量经济模型的设定方法是基于经济变量的数据生成过程而设定的,建模之初没有假设,是一种从一般到特殊的建模方法。这两种模型的设定方法构成了计量经济学方法论的重要部分。

经典计量经济模型设定的主要特点如下。

- (1) 经典计量经济模型是参数随机模型,对随机扰动项有基本假设。

(2) 经典计量经济模型是以经济理论为基础的,模型需要有明确的经济学解释。

(3) 经典计量经济模型结构是以各经济变量之间是线性关系为主,即使是非线性模型,也是可以转化为线性关系为主的模型。外生变量与内生变量之间应存在因果关系。模型的形式和参数的经济意义是明确的。

(4) 经典计量经济模型的数据类型是以时间序列或者横截面数据为样本来实现的,并且假设这些数据过程是平稳的。这是保证数据结构内部具有因果性的条件。

(5) 经典计量经济模型的估计方法可采用最小二乘法方法或者最大似然方法以及广义最小二乘法对模型进行估计。

(6) 经典计量经济模型主要用于结构分析、政策评价、经济预测、理论检验与发展等。经典计量经济模型的传统应用领域主要包括对生产、需求、消费、投资、货币需求、宏观经济等经济问题的研究。

当代计量经济模型设定的主要特点如下。

当代计量经济学理论,主要是指20世纪70年代以后发展的计量经济学理论、方法以及应用模型。这其中主要包括微观计量经济学、非参数计量经济学、时间序列计量经济学和动态计量经济学等。当代计量经济模型设定的最大特点是以数据为导向。在模型设定过程中尽量还原数据的真实生成过程。

经典计量经济模型与当代计量经济模型不存在哪个更好的问题,关键是哪个模型更适合研究所关注的经济问题。它们有各自的优势与不足,不能武断地判断它们的优劣。一定要辩证地对待模型的设定问题,不要单纯地追求数学形式上的完美,形式上的华丽。这就像购物,最贵的不一定是最好的。这个比喻不一定合适,但非常形象地说明了其中的道理。

模型的设定方法从模型参数形式上又可分为参数计量经济模型、非参数计量经济模型以及半参数计量经济模型。无论对模型的设定考虑得有多周全,想要包含所有的可能因素还是相当困难,遗憾地说几乎是不可能的。这就引导人们对参数模型进行更加深刻的思考。如果不预先对模型的形式进行限定,而只对模型的概率形式进行设定,利用核估计的方法去估计密度函数,这样模型的设定形式会更加贴近数据过程本身。这样就推动了非参数分析方法的产生和发展,也使得计量经济学的领域得以拓宽。这是基于对模型有一些比较弱的假设时,对模型形式进行设定的方法。

经典计量经济学模型的设定是建立在一系列假设基础之上的,而且这些假设相当苛刻甚至不符合实际,很少存在现实生活中的经济变量序列满足这些假设。但是,不满足假设时又会使模型的设定发生错误。为了解决现实经济数据之间的关系与模型假设的不一致性,可以不对变量的形式做出约束。那么非参数模型就是解决这种模型形式不一致的一个重要途径。非参数模型的最大特点是,模型的函数形式比较灵活,无任何约束,适应性较强。

参数方法和非参数方法都有各自的许多优缺点,在实际应用方面也有其局限性,因此,对它们的探索一直没有停止过。虽然参数回归模型理论成熟,操作简单,但是模型形

式是事先设定的,在条件欠缺的情况下,经常会出现模型设定方面的错误。非参数模型虽然弥补了参数模型的不足,可以进行复杂曲线的拟合,但是其操作复杂。因此,可以考虑将两个模型结合起来各取其优势,这就形成了半参数模型。但是半参数模型并不是参数模型和非参数模型的简单相加,而是结合了两者的优点,是两者的有机统一,一方面可以使模型拟合更接近实际情况,另一方面又能充分利用样本的信息。非参数与半参数方法已成为计量经济学的重要研究领域之一,并且已广泛应用于金融学领域。详情可参见本书第11章。

在模型设定的过程中需要进行模型设定的相关检验。为了简单与充分利用数据信息,模型设定之初应该首先考虑设定参数计量经济模型。如果没有通过参数模型的设定检验,再考虑设定非参数计量经济模型或者半参数计量经济模型。

模型设定方法从模型形式上又可分为线性计量经济模型与非线性计量经济模型。线性模型是最简单也是最直接表现经济变量之间关系的模型。线性模型的函数形式是唯一的,而非线性模型的函数形式有无穷多种。由于经济过程的复杂性,变量之间的关系不可能一直停留在线性层面上。许多经济变量都呈现出非线性变化的特征。非线性模型函数的多样性,使得模型设定变得异常困难。但是在数学中,如果函数有很好的分析性质,那么它们都可以近似表示成幂函数的形式,幂函数在基本初等函数中是最简单的函数。计量经济学利用数学中的这种方法初步解决了非线性模型的一些比较简单的设定问题。但是,这个世界在不断地改变着,新的关系会层出不穷,因此,对非线性模型设定问题的研究会永远在路上。对它的研究会很大程度上促进计量经济学方法的改进与进步。

模型的设定方法根据所研究问题的不同,又可分为单方程模型的设定与系统方程模型的设定,这取决于所研究经济问题的属性,当单方程模型不能表达某个经济系统变化时,就要考虑设定系统模型。计量经济学从产生开始经历了从简单到复杂,从单一方程到联立方程的变化过程。由于经济现象的复杂多变,在研究宏观经济之间的关系时,使用联立方程会有更好的效果。从实际应用的角度来看,联立方程的发展是计量经济学的一个重要的进步。详情可参见本书第6章与第7章的内容。

模型设定检验的设计,在模型的设定中是至关重要的。先要确定检验模型,提出原假设与备择假设,构造检验统计量。对模型设定检验的研究是计量经济学当前最重要的研究课题之一,其研究成果标志着计量经济学方法论的创新与拓展。最近计量经济学关于模型设定的研究,大多集中在非经典计量经济模型的设定研究上,比如混合数据模型的设定研究、半参数模型的设定研究等。模型设定是计量经济学方法论的核心。

#### 4. 模型估计

如果说模型设定是思想,那么模型估计就是技术。模型估计是实现模型的重要过程。如果计量经济模型只停留在设定阶段,那么模型只是一种最初的设想,没有实质性的内容。估计方法是根据假设与样本数据的质量以及结构特征而设计的。最经典的估计方法有最小二乘法、广义最小二乘法以及最大似然估计(也称为极大似然估计)方法。由于数据问题



与模型设定方法的进展,有许多其他估计方法也日渐成熟。这其中包括广义矩估计方法、多阶段最小二乘法、混合估计方法、非参数估计方法以及半参数估计方法等。

在数据条件允许的情况下,普通最小二乘法是最优秀的估计方法,此种方法的估计误差已经达到了误差所能控制的最小值。最大似然估计方法,虽然放松了对数据的要求,但需要推导模型的近似分布,大部分情形是利用大数定律与中心极限定理设定分布是近似正态的。广义矩估计方法是用样本矩来估计模型的,而样本矩的估计由其他方法可以获得,这样就在一定程度上回避了模型总体分布的问题。没有计算机的帮助,广义矩估计方法是很难实现的。估计方法设计的目标就是使估计误差尽可能的小。

在计量经济模型估计方法的设计中,需要设定一个目标函数。目标函数是残差平方和或者是残差平方和的泛函,然后设法使目标函数取到最值。取最大值还是最小值,要根据目标函数的实际意义确定。如果是简单的残差平方和作为目标函数,那么需要在残差平方和取到最小值时,求得模型参数的估计。在最大似然估计中,目标函数是似然函数。它的思想是在似然函数取到最大值时得到参数的估计,但最终此问题与残差平方和最小的问题是等价的。此推导过程请参见 3.2.3 节。

在求最值的过程中,会遇到许多棘手的问题,解决这些问题也是计量经济学方法论的组成部分。由于模型设定的不同,有两种极值方式,一个是无条件极值问题,另一个是条件极值问题。经济的运行机制有自己的轨迹,所以计量经济模型中的有些参数是受到限制的,这是条件极值问题形成的原因。

有些计量经济模型的估计方法是根据模型自身的特点而设计的。虽然估计的思想都是相同的,即都是使以残差平方和为核心的目标函数取到最值,但某些特殊的计量经济模型用普通的方法是不能估计的,比如受限变量模型与计数模型等。这些模型的估计需要寻找可估计的替代模型。替代模型在关注问题的主要方面要与原模型等价,比如计数泊松模型,利用泊松分布均值与方差相等的特点,找到均值回归模型作为其替代模型。寻找替代模型将不可估计的模型转换成可估计的模型,也是计量经济学研究问题的方法之一。寻找替代模型需要坚实的数学基础,需要智慧与技术。

在对模型的估计中,产生了模型中一个重要的信息变量,那就是残差平方和。如果模型设定为

$$Y = X\beta + U$$

事实上,不论设定什么样的模型,都可以表示成上式的形式(参见本书各章节的研究方法)。假如模型估计后为

$$\hat{Y} = X\hat{\beta}$$

残差平方和为

$$(Y - \hat{Y})' (Y - \hat{Y}) = (Y - X\hat{\beta})' (Y - X\hat{\beta})$$

这其中包含了模型的大量信息。这里的信息包括模型的设定信息和大量的数据信息,在它的身上还有许多秘密需要去发现。对残差平方和的研究有残差平方和的分布、残差平方和的等价变形以及残差平方和的分解等关键问题,其中,残差平方和的分解是重中之重,